

## Gerçek Zamanlı Nesne Takibi için Düşük Hata Konum ve Hız Değerlerine Sahip Bir Sistemin Önerilmesi

Erhan AKAGÜNDÜZ<sup>1\*</sup>, İbrahim Berkan AYDİLEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye  
([bes.erhan@gmail.com](mailto:bes.erhan@gmail.com), Orcid: 0000-0002-6477-3796)

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi/ Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye  
([berkanaydilek@harran.edu.tr](mailto:berkanaydilek@harran.edu.tr), Orcid: 0000-0001-8037-8625)

Received Date: Mar. 26, 2021

Acceptance Date: May 11, 2021

Published Date: Jun. 01, 2021

**Özetçe**— Teknolojik gelişmeler hayatımızın her alanında yeni ilerlemelere yol açarak daha kolay ve rahat bir yaşam için bizlere yardımcı olmaktadır. Başarılı bir şekilde gelişim gösteren ve hareket halindeki araç veya nesnenin takip edilmesini sağlayan gerçek zamanlı takip sistemleri de bu gelişmelerden biri olarak görülmektedir. Kalabalık nüfusa sahip büyük şehirlerde lojistik planlama, teslimat vs. işlemlerindeki hız ve doğruluk büyük önem taşımaktadır. Araçların takip, sevk, idare ve denetim işlemlerinde yakıt ve zamandan tasarruf sağlamak çoğu zaman firmaların asıl hedefi olabilmektedir. Günümüz teknolojisi sayesinde Küresel Konumlandırma Sisteminin (GPS) yanına eklenecek diğer bileşenler yardımı ile sağlanan gerçek zamanlı takip ile konum detaylarına rahatlıkla erişilmesi mümkün olmaktadır. Bu çalışmada, GLONASS uydularından veri alacak olan GPS teknolojisi ve hüresel veri kullanılarak tamamen kullanıcı dostu arayüzlü araç veya nesne takip sistemi ile bunlara ait anlık hız bilgilerinin elde edileceği bir sistem önerilmektedir. Hazırlanacak devre kitine GPS eklenmesi ile takip edilecek araç veya nesneye ait konum ve diğer bilgiler elde edilecek ve sunucuya gönderilecektir. Tüm akıllı cihazlar ile uyumlu çalışacak şekilde tasarlanacak web uygulama ile takip işlemi gerçekleştirilecektir. Test aşamasında, hareket halindeki 3 farklı araçtan hız değerleri ölçülecek olup elde edilen ölçüm değerlerinin mutlak hata hesaplamaları yapılacak ve hata değeri diğer çalışmalar ile mukayese edilip sistemin başarısı tespit edilecektir. Ayrıca önerilen sistemde kullanıcının belirlediği hız limitlerinin aşılması durumunda kullanıcının e-posta veya SMS olarak bilgilendirilmesi sağlanacaktır. Önerilen gerçek zamanlı takip sistemi düşük maliyet, çok yönlü kullanım ve verimli çalışma sayesinde mevcut çözümlerle karşılaştırıldığında günümüz teknolojisini içerisinde canlı olarak sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler** : GPS, konum tespiti, hız tespiti, araç ve nesne takip sistemleri.

## Proposal of a System with Low Error Position and Speed Values for Real-Time Object Tracking

**Abstract**— Technological developments lead to new advances in all areas of our lives and help us for an easier and more comfortable life. Real-time tracking systems, which successfully develop and enable

tracking of moving vehicles or objects, are seen as one of these developments. In this study, using GPS technology and cellular data that will receive data from GLONASS satellites, a completely user-friendly vehicle or object tracking system and a system where instant speed information can be obtained is proposed. By adding GPS to the circuit kit to be prepared, the location and other information of the vehicle or object to be tracked will be obtained and sent to the server. The tracking process will be carried out with the web application, which will be designed to work in harmony with all smart devices. In the test phase, speed values will be measured from 3 different vehicles in motion, the absolute error calculations of the measured values will be made and the success of the system will be determined by comparing the error value with other studies. In addition, if the speed limits set by the user are exceeded in the proposed system, the user will be informed by e-mail or SMS. The proposed real-time tracking system offers today's technology vividly compared to existing solutions, thanks to its low cost, versatile use and efficient operation.

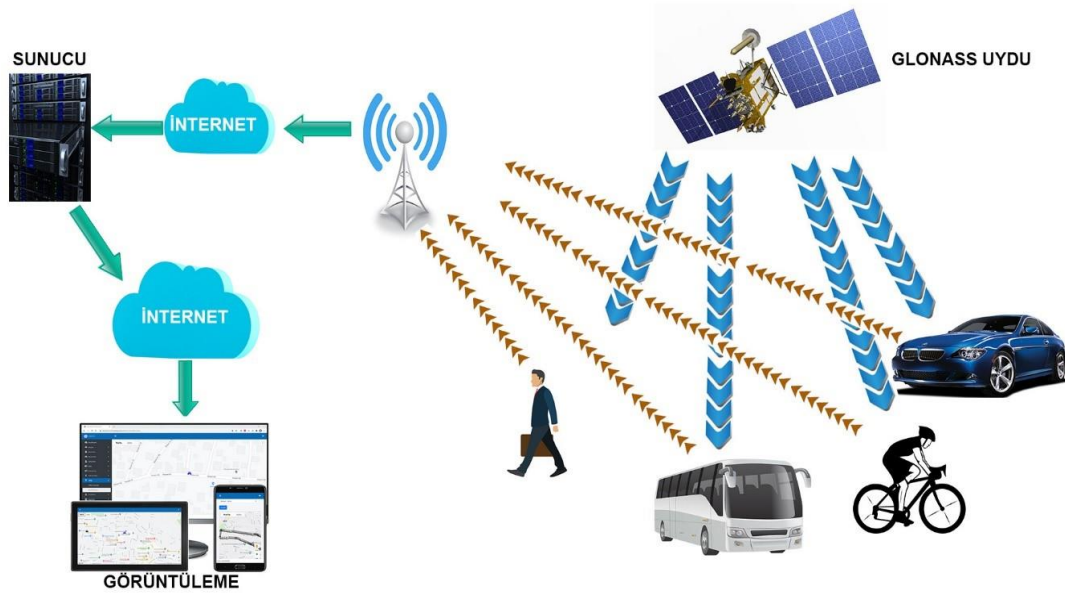
**Keywords :** *GPS, location detection, speed detection, vehicle and object tracking systems.*

## 1.GİRİŞ

Günümüz teknolojisinde, araç takip sistemleri ile yoğun olarak araçlar takip edilmekle birlikte giderek artan şekilde hareketli nesnelere takibinin yapılması söz konusu olmaktadır. Gerçek zamanlı araç veya nesne takibi ile hareketli olan araç veya nesnelere ister gerçek zamanlı ister geçmişe dönük takiplerinin yapılabilir olması son derece önem arz etmektedir. Çağımızın bu takip etme isteğini karşılama noktasında teknolojinin geldiği yer birçok ihtiyaca cevap verebilmektedir. Takip sistemlerinin, çıkış amacı sivil kullanım olmasa da şu an çok fazla sayıda bireysel veya ticari faaliyetlerde tercih edilmektedir. Nüfus yoğun şehirlerde çalışan ebeveynlerin; çocuklarının okula gidişleri, okuldan dönüşleri ve bu süre zarfında kullandıkları güzergâhları diledikleri zaman takip edebilmeleri teknolojinin sunduğu imkânlarla mümkün hale gelmektedir. Kalabalık şehirlerde hızlı akan hayata ayak uydurmaya çalışan insanların her dakikalarının çok önemli olduğu bilinen bir gerçektir. Sadece bir yerden bir yere toplu taşıma ile ulaşmanın bile sorun olduğu büyük şehirlerde vatandaşlara gidecekleri yöne doğru gelen ve kendisinin bulunduğu durağa varış süresini haber veren sistemler yine bu takip teknolojisinin bir sonucudur.

Gündelik haberlerin birçoğu aşırı hızlanma sonucu yaşanan trafik kazaları neticesinde oluşan can ve mal kayıplarından ibarettir. Süratli şekilde ilerleyen araçların önüne beklenmedik şekilde çıkan ve durmasını gerektiren herhangi bir eylem olduğunda, frenleme sisteminin tam olarak durdurmayı sağlaması gerekmektedir. Durma mesafesi, hız ile doğru orantılı olarak arttığından, ne kadar çok süratli gidiliyor ise durmak içinde o kadar çok mesafeye ihtiyaç olmaktadır. Sadece kural koymanın yeterli olmadığı durumlarda takip sistemleri ile durumun önceden kontrol edilebilmesinin sağlanması, trafik kazaları gibi istenmeyen sonuçların ortadan kalkmasına yardımcı olabilecektir.

Çalışma içerisinde yetkili tarafından belirlenmesi sağlanan hız sınırı aşıldığında sistem otomatik olarak gerekli bilgilendirme protokollerini devreye almaktadır. Bu sayede can ve mal kayıplarına neden olacak ihlallere ulaşılmadan gerekli önlemlerin alınması hedeflenmektedir. Bulduğumuz zamanın birer gerçekliği haline dönüşen ve her an daha da yenilenecek ilerleyen takip sistemleri; sevkiyat yönetimi, araç kiralama, okul servisleri, lojistik faaliyetler, savunma sanayi ve hasta verilerinin uzaktan kontrolü gibi pek çok alanda kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 1. Hareketli araç veya nesne takip sistemi

## 2. KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİ

### 2.1. Küresel Konum Belirleme Sistemi – NAVSTAR GPS

Teknolojinin gelişimi beraberinde dünya üzerinde istenilen noktalara ait konumların bulunabilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bu ihtiyacı kendi çalışmalarına katkı sağlamaları amacıyla Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı 1973 yılında tamamıyla askeri hedefler doğrultusunda NAVSTAR (Navigation System Using Time And Ranging)-Küresel Konum Belirleme Sistemi üretimine başlamıştır. Geliştirilen sistem ortam şartları veya hava koşullarından etkilenmeden konum tespiti yapabilmektedir [1].

Tasarlanan konum tespit sistemi ile dünya üzerinde bulunan herhangi bir noktada elverişli dörtten az olmayacak sayıda uydunun görebileceği biçimde projelendirilmiş yirmi dört adet uzay uydusundan (6 yedek olmak kaydıyla 18 etkin uydu) oluşmaktadır. Yeryüzünden ortalama 20200 km yukarıda olan bu uydular, ekvatorla 55 derecelik açı yapan 6 birbirinden farklı yörünge ortamına oturtulmuş olup periyotları ise 12 saat olarak belirlendiği ifade edilmektedir. Uydular 2 değişik sinyal (1575.42 Mhz frekansında, takribi 19 cm dalga boyunda L1 ve 1227.60 Mhz frekansında, 24 cm dalga boyunda L2) yayınladığı belirtilmektedir [2][3].

GPS, 3 temel kısımdan meydana gelmekte olup Kullanıcı, Kontrol ve Uzay departmanları olarak isimlendirilmektedir. Dünyada alıcı kitlerini meydana getiren unsurlar kullanıcı bölümünü oluştururken, yörünge ve saat malumatını belirlemek maksatlı uyduları izlemesi ile tüm uydulardaki ileti bilgilerinin yenilenmesi kontrol bölümü işlemleri olarak sayılabilmektedir. Uzay bölümünde ise modülasyonlu L1 ve L2 frekanslarında sinyal yayınlayan uydulardan oluşmaktadır [1].

#### 2.1.1. Küresel Konum Belirleme Sisteminde Yer Tespiti

Haberleşme uydular ile uyduların gönderdiği veriyi karşılayan alıcılar arasında bir sohbet olarak düşünülebilir. Veriyi gönderen uydu; “ben A isimli uyduyum ve şu an bulunduğum konum X’tir. Sana bu verileri T zamanında göndermekteyim” şeklinde sohbeti başlatır. Bu yapılan ileti süreci paketler şeklinde ve belirlenen sürelerde alıcıya GPS uydusundan ulaştırılmaktadır [1].

ABD Savunma Bakanlığı kontrolü altındaki NAVSTAR GPS çalışmasına alternatif olarak Avrupa Birliği tarafından GALILEO ve EGNOS GPS sistemleri ile Rusya tarafından da GLONASS GPS sistemi geliştirilmiştir. Bunun yanında ABD-Fransa ortak yapımı çalışmalarda söz konusudur.

## 2.2. GLONASS GPS Sistemi

1976 yılında Sovyetler Birliği'nin başlattığı ve 1995 yılında tamamlanabilen Rus ikinci kuşak bir küresel uydu konumlandırma sistemi olarak nitelendirilmektedir. 2001 yılına kadar 7 adet uydudan ibaret olan sistem, 2010 yılına gelindiğinde Rusya'ya ait toprakların hepsini kapsayacak yapıya ulaştığı bilinmektedir. Sistem, 2011 yılının Ekim ayında 24 adet uydudan oluşan ve küresel kapsama alanına tam yerleştirilerek etkinleştirilmiştir. Son haliyle AB'nin GALILEO küresel konumlandırma sistemi ile Amerika Birleşik Devletleri'nin NAVSTAR GPS sisteminin eşiti durumuna geldiği belirtilmektedir. GLONASS uyduları, son haliyle koordinat sistemi sayesinde dünya üzerindeki bir yere ait konumun belirlenmesi için gerçek zamanlı uydu verilerini kullanmaktadır. 1 mikrosaniyede zaman transferi, 15 cm/s ile birlikte hız vektörü ölçümü, 70 metre ile düşey konumlama, 57-70 metre ile yatay konumlama doğruluğu sağlama, zamanlama servisi ve standart konumlama sisteminin en üst verimliliğinde elde edildiği belirtilmektedir [4].

## 2.3. GALILEO GPS Sistemi

Toplamda 30 tane uydudan oluşan sistem Avrupa Birliği tarafından ABD'nin NAVSTAR GPS sistemine alternatif olarak geliştirilmiş olup ilk uydusunu 2005 yılında uzaya gönderdiği bilinmektedir. Küresel arama ve kurtarma (SAR) işlevi sağlayacak olan sistem bu özelliğinden dolayı benzersiz olarak tanıtılmaktadır. Kullanıcıya geri bildirim vermesi en son özellik olarak nitelendirilmektedir. Mevcut GPS sistemleri kullanıcıya geri bildirim sağlamadığından GALILEO adına artı bir durum söz konusu olduğu belirtilmektedir. 2004 yılında ABD ile iş birliğine giden Avrupa Birliği NAVSTAR ile GALILEO için gelecekte sistem bütünleştirilmesi adına anlaşma imzalamışlardır. 675 kilogram ortalama ağırlığında ve ebatları 2,7 m x 1,2 m x 1,1 m'den ibaret 30 adet uydu, üç yörünge ortamına ve 23.222 km yüksekliğe fırlatılacak biçimde projelendirildiği, projede uydulara ait ömür sürelerinin 12 yıldan uzun olacağı belirtilmektedir [5].

## 2.4. EGNOS Sistemi

İlk faaliyetleri 2005 yılında başlayan sistem iki metreden daha iyi doğruluk ve %99'un üzerinde kullanılabilirlik ile başlayıp veri erişim hizmetini 2012 yılında kullanıma açmıştır. EGNOS sisteminin, konumlandırma verilerinin güvenilirliği ve doğruluğu hakkında rapor verme ve düzeltmeleri gönderme işlemini halen sürdürdüğü belirtilmektedir. GALILEO'yu gelecekteki bir sürümde tamamlanması hedeflenen sistem tasarım hali olarak nitelendirilmektedir. 40 Değişken Bütünlük İzleme İstasyonu, 2 Görev Kontrol Merkezi, 6 Navigasyon Kara Yer İstasyonu, EGNOS Geniş Alan Ağı (EWAN) ve 3 sabit uydudan oluşmaktadır. Yer istasyonları, uydu navigasyon sistemlerinin doğruluk verilerini belirlemede ve bunları sabit uydulara aktarmaktadır. Kullanıcılar, EGNOS'u etkin bir alıcı kullanarak bu uydulardan veya internet üzerinden bu verileri özgürce elde edebilmektedirler. Sistemin ana kullanım alanlarından birinin havacılık olduğu vurgulanmaktadır [6].

## 3. LİTERATÜR TARAMASI

Araç takibinin yapılarak yönlendirilmesinin sağlandığı bir çalışmada ise Google harita altlıklarından ziyade istenilen diğer tüm harita altlıklarının kullanılabilmesi belirtilerek, HTML ve JavaScript ile uyumlu çalışan tarayıcılardan görüntülenmesi için bir web arayüz geliştirilmiş ve alınan veriler MySQL veritabanında kayıt altına alınmıştır. Alınan enlem, boylam ve hesaplanan hız bilgileri gibi değişkenler sayesinde araç takibi sağlanmıştır. Gerekli durumlarda tasarlanan sisteme dâhil edilecek sensörler ile araç içerisinde başka ölçüm alma imkânı sağlanarak istenildiğinde resim çekme özelliği de eklenebileceği belirtilmiştir [12].

Mobil cihazlar yardımı ile geliştirilen bir araç takip sistemi için çevrimiçi bağlantı sunan bir başka çalışmada ise aşamalar; hareket halindeki taşıttan alınan lokasyon bilgilerinin sisteme aktarılması, sonra bu verilerin internet üzerinden haritalara dökümü sağlanması ve donanım olarak PDA'nın kullanılmasının önem arz ettiği üzerinde durulmuştur. Harita altlığı olarak da iki adet seçenek sunulmuştur [13].

GPS, CBS ve GPRS kullanıldığı bir başka çalışmada ise büyük araç filosuna sahip şirketlerin tüm araçlarını aynı anda görüp yönetebildiği bir takip sistemi geliştirilmiştir. Bunların sonucunun gözlemlendiği bir de web arayüz tasarımı yapılmıştır. Donanım tarafından veriler GPS den alınarak GPRS üzerinden sunucuya gönderilmiştir. Dört adet sunucunun kullanıldığı ve her birinin ayrı bir görevi üstlendiği, bunlar sayesinde haberleşmenin yapıldığı socket çalışma mantığı kullanılmıştır [14].

Yapılan bir diğer araç takip sistemi çalışmasında ise GPS, GSM/GPRS teknolojileri kullanmak şartıyla taşıt izleme ve izlenen taşıta ait süratin belirlenmesi yapılmıştır. Takibi yapılacak taşıta yerleştirilen devre tasarım sayesinde önce konum bilgisi GPS ile alınmıştır. Daha sonra alınan bilgiler GSM modülü ile bir web sunucuya aktarılmıştır. Bir web servis teknolojisi ile gelen veriler mobil veya web uygulamaya gönderilmiştir. Geliştirilen yazılım ile webte harita üzerinde izleme gerçekleştirilmiştir. Gerekli hallerde kullanıcı SMS ile haberdar edilmiş ve taşıtın anlık hızı bir LED ekrana basılarak gösterilmiştir [15].

Bir başka araç izleme çalışmasında; GPS bilgilerinin SMS ile aktarıldığı görülmüştür. Ayrıca devreye bir cep telefonu entegre edilerek etkileşim bu sayede gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen bir yazılım üzerinden de gelen konum bilgileri web uygulamasında görselleştirilerek izleme sağlandığı görülmüştür [16].

Benjamin Coifman ve ark., (1998), yaptıkları çalışmada büyükşehirlerdeki otoyollarda artan trafik sıkışıklığının giderilmesi adına araç takiplerinin görüntü işleme teknolojisi ile yapılmasına dikkat çeken bir çalışmada özellik tabanlı bir araç takip sistemi önererek sadece trafikte tıkanıklığın yaşandığı zamanlarda işlevsellik alacak şekilde ve değişen ışık durumundan etkilenmeyen bir özellik tabanlı araç takip prototipi geliştirmişlerdir [17].

Jun-Wei Hsieh ve ark., (2006), yaptıkları bir çalışmada video dizilerinden yola çıkaracak trafikteki belirli parametreleri tahmin edip araçların otomobil olan veya otomobil olmayan şeklinde bir yöntemle doğrusallık özelliği olan bir sınıflandırma yapmışlardır. Trafiğin sıkışık olduğu durumda daha başarılı şekilde araç takibi yapmışlardır [18].

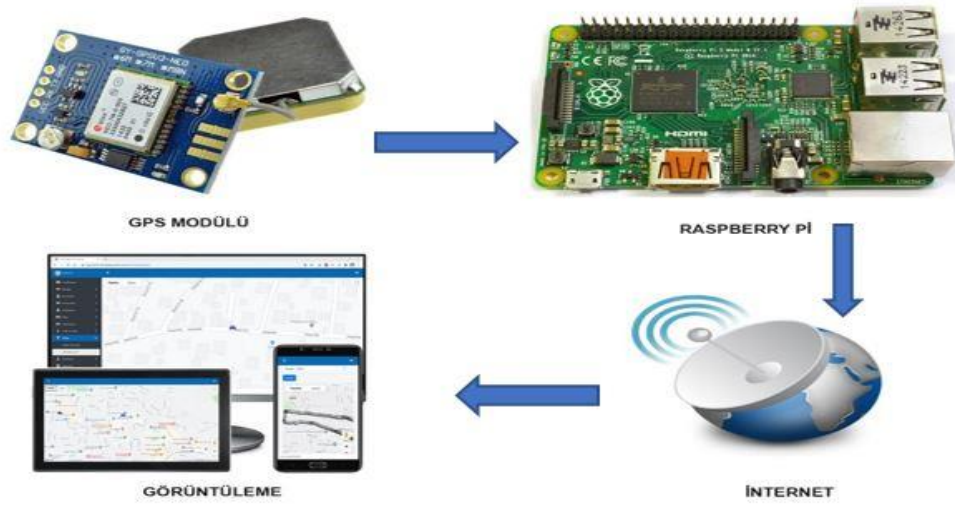
Robin Schubert ve ark., (2008), çalışmalarında özellikle eğrisel model ile çok sayıda modeli araştırıp GPS ve odometri bilgilerinin bir Unscented Kalman Filtresi ile birleştirilmesini içeren bir takip görevini kullanarak performansları karşılaştırmışlardır [19].

Seok Ju Lee ve ark., (2014), çalışmalarında herhangi bir aracın hareketini herhangi bir zamanda herhangi bir yerden takip etmek için bir araç takip sistemi tasarlamışlardır. Bir akıllı telefonu bir mikro denetleyici ile birleştirerek GPS ve GPRS teknolojisini kullanmışlardır. Elde ettikleri konum verilerini Google Maps API aracılığı ile harita üzerine aktarmışlardır [20].

Hoang Dat Pham ve ark., (2014), yaptıkları çalışmada araç sahiplerinin kendi araçlarını kalabalık şehir ortamında kolayca bulmaları için GPS ve GSM kullanarak bir araç takip sistemi geliştirmişlerdir. Aracın konumunu takip etmek için GPS ile elde edilen konum bilgilerini GSM ile kullanıcıya göndererek bulunduğu konuma erişimi sağlamışlardır [21].

#### **4. MATERYAL ve YÖNTEM**

Çalışmada yapılacak olan bütün gerçeklemeler gerçek zamanlı olacak şekilde tasarlanmıştır. İş yükünün büyük bölümünü göğüsleyecek olan GPS modülü hazırlanan devre kiti bünyesine dâhil edilmiştir. GLONASS uyduları ile haberleşmeye başlayan GPS modülü kendisine uydulardan gönderilen verileri alır ve bunları kullanmak üzere banka kartı boyutundaki mini bilgisayar olarak nitelendirilen Raspberry Pi'ye aktarır. Raspberry Pi üzerinde Python kodu ile alınan anlık veriler ayrıştırılarak hareket halinde bulunan araç veya nesneye ait enlem, boylam, hız ve diğer veriler bu proje için temin edilen sunucudaki veritabanına eş zamanlı olarak gönderilip kayıt edilir. Daha sonra ise veritabanında kayıt altına alınan gerçek zamanlı veriler çalışma için hazırlanan web sitesi tarafından çekilerek kullanıcı görünümüne yansıtılır. Belirlenen süre ile anlık olarak tüm konumlar harita üzerinde gösterilir ve bu işlem veri var olduğu sürece devam eder. Sistem birden fazla hareket halindeki araç veya nesne takibi yapabilecek şekilde tasarlanmıştır. Hareket halindeki araçların veya nesnelerin takip edilmesi ve hız bilgilerinin elde edilmesi tasarımının yapıldığı bu çalışmada kullanılan devrenin şeması aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Hareket halindeki nesnenin takip blok diyagramı

## 4.1. Proje Yazılım Bileşenleri

### 4.1.1. Veritabanı

Hareket halindeki araç veya nesnenin gerçek zamanlı takibinin yapılması ile hız değerlerinin ölçülmesi için önerilen sistemde uydu verilerinin kayıt altına alınması gerekmektedir. GPS modülünden alınıp kaydedilen bu veriler sayesinde anlık takip işlemi web tabanlı geliştirilen uygulama üzerinden görüntülenebilmektedir. Geçmişe dönük olarak istenilen tarih aralığında takip yapılabilmesi için GPS'ten tüm verilerin kayıt altında tutulacağı bir yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma kapsamında gelen tüm verileri güvenle saklayacak olan yapı olarak MySQL tercih edilmiştir.

	id	time	v_id	latitude	longitude	altitude	speed	bearing	accuracy
	5649	2021-03-15 18:24:47	4	38.5338491667	43.3596565	NULL	63.918076	NULL	NULL
	5650	2021-03-15 18:24:48	4	38.5338928333	43.359457	NULL	65.455236	NULL	NULL
	5651	2021-03-15 18:24:49	4	38.5339381667	43.3592536667	NULL	66.725708	NULL	NULL
	5652	2021-03-15 18:24:50	4	38.5339845	43.3590475	NULL	67.5517	NULL	NULL
	5653	2021-03-15 18:24:51	4	38.5340315	43.3588393333	NULL	68.281388	NULL	NULL
	5654	2021-03-15 18:24:52	4	38.5340785	43.358629	NULL	68.987	NULL	NULL
	5655	2021-03-15 18:24:53	4	38.534127	43.3584131667	NULL	71.105688	NULL	NULL
	5656	2021-03-15 18:24:54	4	38.5341773333	43.3581903333	NULL	73.439208	NULL	NULL
	5657	2021-03-15 18:24:55	4	38.5342285	43.3579655	NULL	73.26512	NULL	NULL

Şekil 3. Veritabanına kaydedilen GPS verileri

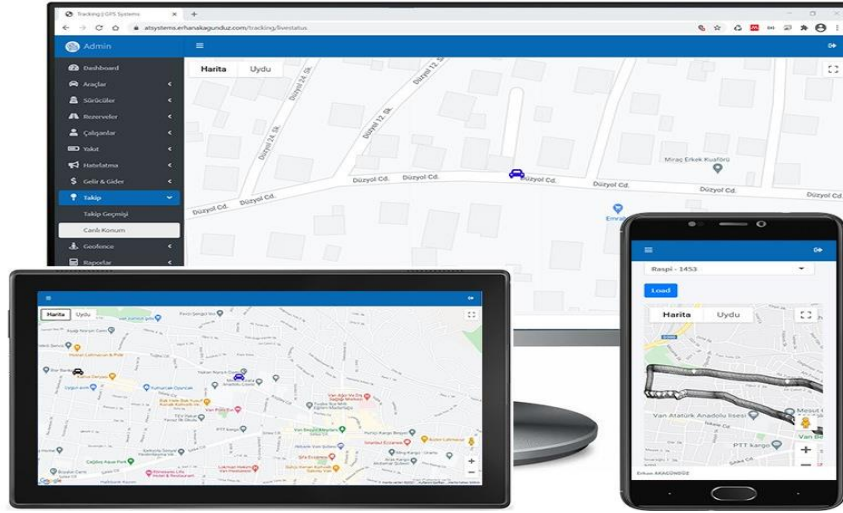
Yedi milyona yakın sistemde kurulu olduğu belirtilen MySQL, fazlaca kullanıcıya sahip, birden fazla iş parçacıklı, sağlamlığının yanında hızlı olan bir veritabanı yönetim sistemi olmasına ek olarak Windows, Unix ve Linux işletim sistemleri ile birlikte başka platformlar için de ücret alınmadan kullanıma sunulmaktadır. Çalışma için temin edilen Hosting Linux tabanlı olduğundan ve MySQL'inde Linux altında daha hızlı performans sergilemesi sebebiyle tercih edilmiştir [7].

#### 4.1.2. Duyarlı Yapıda Bulunan Web Tabanlı Takip Uygulaması

Harita üzerinde hareket halindeki araç veya nesne takibinin görüntülenmesi amacıyla bu çalışmada PHP MVC(Model-View-Controller) yapısı ile CodeIgniter Framework CMS (Content Management System – İçerik Yönetim Sistemi) kullanılmıştır. Kullanılan Framework mantığı MVC (Model-View-Controller) mimarisinin en istikrarlı çalışanlarındanır.

Duyarlı web tasarımı (responsive), web sayfalarının çeşitli cihazlarda ve farklı ekran boyutlarında en iyi görüntülenmesini sağlayan web tasarımı yaklaşımı olarak bilinmektedir [8].

Bu sebeple web uygulama yapısında kullanılan yöntem olarak bu yapı tercih edilmiş olup tek uygulama ile çok yönlü çıkış alınması sağlanmıştır. Geliştirilen yapının kullanıcı dostu bir arayüze sahip olması için uygulamaya Bootstrap 4 eklenmiştir. Web uygulamaya dâhil edilen CSS ve JavaScript altyapısı ile uygulama zenginleştirilerek mobil, tablet ve masaüstünde tam uyumlu, kullanımı kolay ve günümüz teknolojisine hitap eden bütün cihazlarda sorunsuz çalışan bir yapıya kavuşturulmuştur.



Şekil 4. Duyarlı yapıda bulunan web tabanlı takip uygulaması

#### 4.2. Proje Donanım Bileşenleri

Gerçek zamanlı hareket halindeki araç veya nesneye ait verilerin alınması için oluşturulan takip kitinde kullanılan donanımlar;

1. GY-GPSV3-NEO-7M Çift Anten Arayüz GPS modülü,
2. Raspberry Pi 2 Model B
3. PowerBank

İnternet bağlantısı için akıllı telefon üzerinden hücresel veri kullanılmıştır.

##### 4.2.1. GY-NEO-7M GPS Modül

GPS modülü, UART haberleşme protokolü üzerinde işlem yapan, iç ve dış çift anten kullanılarak konum tespitindeki duyarlılığı geliştirilen ve NEO-7M çift anten arayüz olarak da bilinmektedir. Raspberry Pi ve Arduino geliştirme kartlarıyla uyumlu çalıştığı belirtilen modül diğer GPS modüllerinden farklı olarak Rusya'ya ait navigasyon sistemi olan GLONASS uydularından aldığı verileri kullanarak konum belirleme işlemi yaptığı belirtilmektedir [9].



Şekil 5. GY-GPSV3-NEO-7M Çift Anten GPS Modülü

**Teknik Özellikleri:**

- Çalışma gerilimi: 3.3V (DC)
- Haberleşme protokolü: UART
- Seri iletişim baud hızı: 9600
- Hız limiti: 500 m/s
- Yükseklik kısıtlama: 50000 m
- 56 kanal, GPS L1 (1575.42Mhz) C / A kodu, SBAS: WAAS / EGNOS / MSAS
- Konumlama hassasiyeti: 2.5mCEP (SBAS: 2.0mCEP)
- Güncelleme oranı: Maksimum 10Hz (varsayılan 1HZ)
- BaudRate: 9600 [9].

#### 4.2.2. Raspberry Pi

İngiltere ve Galler'de 1129409 kayıt numarası ile kayıtlı olan bir eğitim yardım kuruluşu olan Raspberry Pi Vakfı tarafından bilgisayar bilimi ve bilgisayar alanında çocukların eğitimini geliştirebilmek amacıyla üretilen bir mini bilgisayardır.

HDMI bağlantı portu bulunan, herhangi bir cihaza takılabilen standart fare ve klavye ile kullanılan ucuz, banka kartı boyutlarında küçük bir bilgisayar olarak da tanımlanmaktadır. Python ve Scratch dilleriyle programlamanın nasıl yapılacağına öğrenmesini sağlayan kabiliyetli ufak bir makine olarak nitelendirilmektedir. Bunun yanında kelime işlem, oyun oynama, internette gezinme ve video izleme gibi pek çok özelliği bünyesinde barındırmaktadır. Görüldüğünden çok daha fazlası diye tanımlanan Raspberry Pi, dış dünya ile etkileşim kabiliyetini barındıran cihaz özellikle Nesnelerin İnterneti (IoT) alanında birçok farklı projede ve projelerin dijitalleştirilmesinde kullanılmaktadır [10].

#### 4.2.3. Raspberry Pi 2 Model B

İkinci nesil Raspberry Pi olarak da tanımlanmaktadır. 2015 yılının şubat ayında duyurulmuş olup kendinden önceki modelin yerini aldığı bilinmektedir [11].

**Teknik Özellikleri:**

- 1 GB RAM
- 4 Çekirdekli
- 10/100 Ethernet
- 4 adet 2.0 USB
- 900 MHZ işlemci
- Birleşik 3,5 mm ses jakı ve bileşik video
- Kamera arayüzü (CSI)



- Ekran arayüzü (DSI)
- Tam HDMI bağlantı noktası
- Micro SD yuva
- GPIO pin sayısı: 40
- 5V 600mA güç
- Windows 10, Raspian, Debian, Fedora vb.
- 8.6cm x 5.6cm x 2.0cm ebatındadır [11].



Şekil 6. Raspberry Pi 2 Model B v1.1

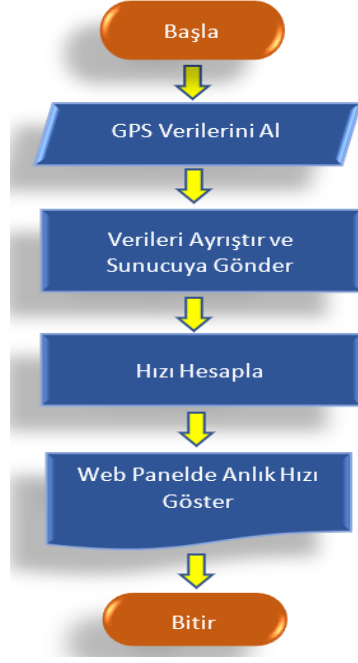
## 5. BULGULAR ve TARTIŞMALAR

Gerçek zamanlı olarak hareket halindeki araç veya nesne takip etme ve hız bilgilerinin ölçülmesi için yapılan bu çalışmamızda tasarlanan sistemde kullanılan malzemeler GPS modülü, Raspberry Pi, PowerBank ve internet erişimi için kişisel akıllı telefondur.

Çalışmamız için oluşturulan akış diyagramı, mümkün olan en kısa işlem adımı ile en fazla işi yapmak üzere geliştirilmiştir. Bu sayede hareket halindeki araç veya nesneye ait konum bilgileri ile hız bilgisi için oluşturulan akış diyagramı Şekil 7’de gösterilmektedir.

Hazırlanan sistemde öncelikle Çift Anten Arayüz GPS modül ile Raspberry Pi’nin fiziki irtibatı gerçekleştirilmiştir. Bu esnada cihaza güç verilmemiş ve olası hasarlar önlenmeye çalışılmıştır. Sonrasında Raspberry Pi’nin çevrimiçi erişime açılması için internet bağlantısının yapılması gerekmektedir. Bu sebeple Android telefondan hücresel veri ile gerekli bağlantı işlemi sağlanmıştır. Raspberry Pi üzerinde bulunan HDMI portu, cihazın görüntüsünü almak için TV, projeksiyon veya monitör aracılığıyla işlem yapmamıza olanak sunmaktadır. Bu işlem adımları tamamlandıktan sonra yapılacak işlemin durumuna göre Raspberry Pi’nin arayüzüne bağlanmak için VNC Viewer veya PuTTY ile Raspberry Pi arayüzüne erişilmiştir. Windows İşletim Sisteminde hazırlanan dosyaların Debian İşletim Sistemine daha kolay aktarılması için WinSCP programı kullanılmıştır.

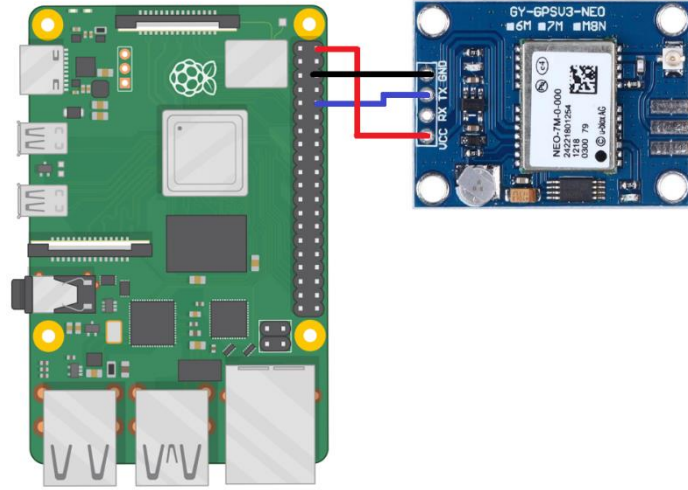
Python dilinde yazılmış olan kod dosyamızın içeriği kısa, öz ve anlaşılır olmakla birlikte aynı anda GPS’in GLONASS uydularından almış olduğu verileri ayrıştırıp her birini bir değişkene aktarması sağlanmıştır. Bu değişkenler bir dizi halinde saklanarak anlık olarak belirtilmiş olan HTTP üzerinden bu proje için temin edilen sunucuya gönderilmektedir. Domainde PHP ile yazılan ve dışardan URL üzerinden direkt erişimi engellenen dosya kendisine gelen verileri değişken isimlerinden yakalayarak sunucu üzerindeki veritabanına anlık olarak kaydeder. Veritabanına anlık olarak gerçek zamanlı kaydedilen veriler yine anlık olarak ve gerçek zamanlı olacak şekilde harita üzerinde gösterilmeye başlanmaktadır. Bu işlemin otomatik gerçekleştirilmesi için gerekli kod yapısı arka planda işlenmiştir. Sonraki aşamada geliştirilen web uygulama aracılığıyla anlık olarak veritabanından enlem, boylam ve hız bilgileri alınarak Google Maps üzerinde gerçek zamanlı olarak gösterilmektedir.



Şekil 7. Hareketli araç veya nesnenin konum ve hız bilgisi için akış diyagramı

### 5.1. Fiziksel Devre Bağlantıları

Fiziksel bağlantı sağlanmadan önce Çift Anten Arayüz GPS modülü ile Raspberry Pi bağlantısının devre çizimi aşağıdaki şekilde yapılmıştır.



Şekil 8. Fiziksel bağlantı için devre çizimi

Bu işlemler gerçekleştirildiğinde kullanılan pinlerin irtibatları aşağıdaki tabloya çıkarılmıştır.

**Tablo 1.** Raspberry Pi ile Çift Anten Arayüz GPS Modül pin irtibatları

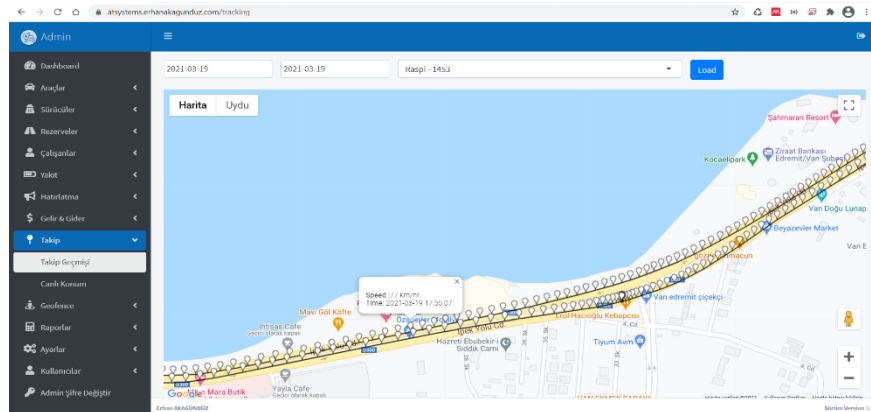
NEO-7M Çift Anten Arayüz GPS Modül	Raspberry Pi
VCC	5V
TX	RX
GND	GND



**Şekil 9.** Takip kiti fiziksel devresi

## 5.2. Geçmişe Dönük Takip İşlemi

GPS modülü üzerinde seri haberleşme çıkışından Raspberry Pi üzerindeki seri haberleşme pinine gelen verileri Python ile yakalayıp daha sonra ayrıştırma işlemi yapılmaktadır. Elde edilen tüm veriler veritabanında kayıt altında tutulmaktadır. GPS verilerini, gerçek zamanlı hareket halindeki araç veya nesne takibi ve bunlara ait hız bilgisini öğrenip harita üzerinde işaretleyerek göstermek için kullanılmaktadır. Bununla birlikte geçmişe dönük gezilen yerleri Google Maps üzerinde çizdirip anlık olarak işaretleyerek gösterme kabiliyetine sahip olacak şekilde sistem geliştirilmesi yapılmıştır. Bunun için gerekli zaman ayarı yapılmış olup istenilen zaman aralığı seçildiğinde veritabanında kayıtlı tutulan konum bilgileriyle harita üzerinde çizdirilerek gösterilmiştir.

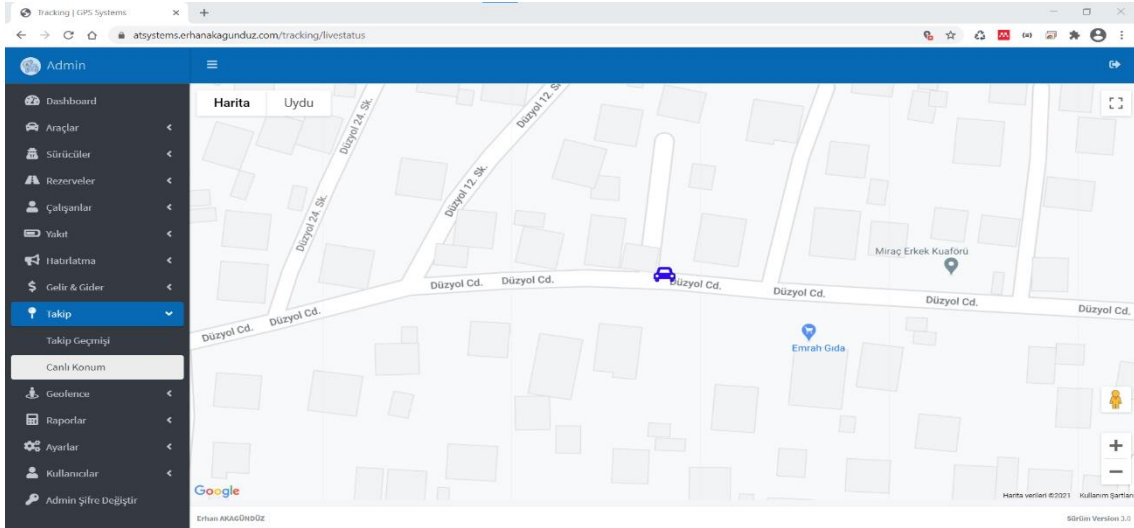


**Şekil 10.** Harita üzerinde geçmişe dönük takip raporlama gösterilmesi

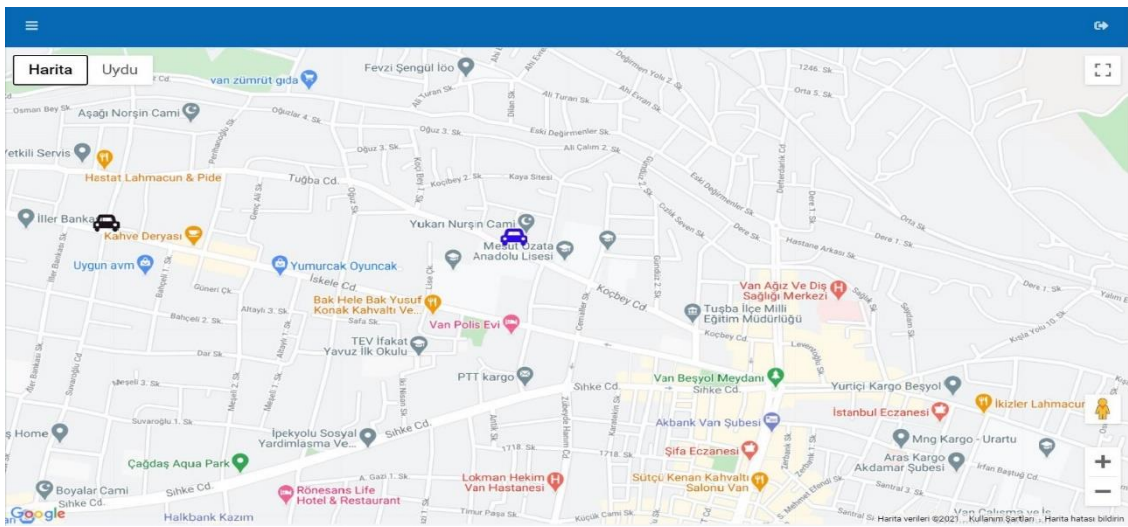
### 5.3. Gerçek Zamanlı Takip

Web servisler günümüz teknolojisi sayesinde JSON, HTTP veya SOAP ayırt etmeksizin çalışabilmektedir. Geliştirici ortamda yapılan çalışma ile önerilen sistemin bu ekosistemle uyumlu olarak işlem yapması sağlanmıştır.

Sistemimiz hareket halindeki araç veya nesneden GPS sayesinde aldığı bilgileri veritabanına kaydetmek üzere sunucuya göndermektedir. Duyarlı web (responsive) ile geliştirilen uygulamamız, tüm akıllı cihazların ekran boyutuna uyumlu çalışacak şekilde anlık olarak yer tespiti yapmakta ve bunu Google Maps üzerine aktarmaktadır. Her 10 saniyede bir canlı olarak harita üzerinde konum bilgisi güncellenerek belirlenmiş olan bir ikon ile harita üzerinde hareket etme işlemi gösterilmektedir. Gelen konum verileri ile harita sürekli olarak güncellenmektedir. Bunun sonucunda harita üzerinde akan bir cisim takibi söz konusu olmaktadır. Hız bilgisi ile beraber zaman bilgisi de ikon üzerine tıklandığında açılan bir açılır pencere (pop-up) ile gösterilerek kişiye genel bilgilendirme de yapılmaktadır. Web uygulaması ile sürekli veritabanına istek gönderilen ve anlık olarak alınan konum bilgilerinin harita üzerinde gösterilmesi esnasında gerçekleşen sürekli sayfa yenilemesinin oluşturduğu gözü rahatsız eden durum, Ajax yapısı sayesinde giderilerek sadece sayfa üzerinde hareket halindeki araç veya nesne için belirlenmiş ikonun hareket etmesi sağlanmıştır. Aşağıda canlı olarak gerçek zamanlı takibe ait görseller verilmiştir.



Şekil 11. Harita üzerinde hareketli araç veya nesnenin hareket anı



Şekil 12. Harita üzerinde hareketli 2 farklı araç veya nesnenin hareket anı

#### 5.4. Hız Ölçümü ve Hesaplamalar

Raspberry Pi üzerinde Python ile GPS verileri okunduktan ve ayrıştırıldıktan sonra konum verileri belirlenen değişkenlere aktarılır. Daha sonra literatürde kullanımları yaygın olan formüller ile istenen hız değerinin bulunması için gerekli olan mesafe hesaplama işlemi yapılır. GPS verilerinden iki farklı konum arasındaki mesafe bulma işlemi yapılmak istendiğinde ilk başvurulacak yöntemin Haversine formülü olduğu görülmektedir. Bu formül sayesinde ilk enlem(lat1), ilk boylam(long1), son enlem(lat2), son boylam(long2) değerleri ile dünyanın yarıçap değeri gibi değişkenler ile formülize edilerek hesaplama işlemleri yapılmaktadır.

Bir diğer mesafe hesaplama işlemi ise Öklid formülü ile iki nokta arasındaki mesafenin bulunması işlemi için gerekli hesaplamaların yapılmasıdır. Hareket halindeki aracın bulunduğu ilk konumun enlem ve boylam değeri ile belirlenen süre sonunda aracın bulunduğu bir sonraki konumun enlem ve boylam değerinin Öklid formülü üzerinden geçirilerek mesafe değeri elde edilmektedir. Mesafe bulunduktan sonra hız değerini bulmak için bilinen ve sıkça kullanılan  $x=v.t$  formülü üzerinden ilgili yerlere değişken değerleri konularak hız elde edilmektedir. Buradaki “t” yani süre geliştirici tarafından belirlenen periyodik konum alma süresini ifade etmektedir.

Bu çalışma için tercih edilip kullanılan yöntem ise daha az kod ile programın daha hızlı çalışmasına katkı sağlayacak olan GPS’ten alınan hızın optimize edilerek kullanılması işlemi olmuştur. Tasarlanan takip kiti üzerinde bulunan GPS modülü ile ulaşılan konum verileri Python kodları ile ayrıştırıldıktan sonra elde edilen bilgilerden biri olan hız değeri mil cinsindedir. Bu değer km/s cinsine dönüştürülerek gerçek zamanlı ve anlık olarak hareket halindeki araca ait hız elde edilmiştir. 1 deniz mili = 1,85200 km’dir.

Gerekli hız ve zaman dönüştürme işlemleri ile istediğimiz değerler Türkiye saati ile elde edilmiş olup uzak sunucu üzerinde bulunan veritabanında ilgili tablo alanına kaydedilmiştir. Web panel üzerindeki HizPanel.php sayfasındaki hızlar ile araç hız gösterge panelindeki hızlar Şekil-13 de verilmiş ve Tablo-2’de karşılaştırılmıştır. Sonuçların birbirine olan yakınlıkları sebebiyle gerçek hız değeri ve çalışmadan elde edilen hız değeri karşılaştırma aşamasına geçilmiştir. Test aşamasında kullanılan araçlara ait hızların doğruluk tespiti için 3 farklı araçta 30’dan fazla deneme yapılmış olup olası yanlışlıkların düzeltilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 13. 3 farklı araçtan alınan hız değerleri ile sistemin çektiği hız değerleri

Elde edilen farklı hız sonuçları karşılaştırılmış ve hızlar arasındaki Ortalama Mutlak Hata (MAE) ile Kök Ortalama Karesel Hata (RMSE) tespit işlemleri yapılmıştır. Python programlama dilinde ve Spyder IDE ortamında yapılan hesaplamalar sonucunda sırasıyla MAE değeri 0.16 ve RMSE değeri 0.13 olarak bulunmuştur.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |v_1 - v_2| \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_1 - v_2)^2} \quad (2)$$

MAE (Mean Absolute Error)- Ortalama Mutlak Hata ile RMSE (Root Mean Squared Error) – Kök Ortalama Karesel Hata bulunması işlemi yukarıdaki formülden gerçekleştirilmiştir. Eşitlikler literatürde genel olarak kullanılan formüllerdir [22][23].

Önerilen sistemde elde edilen değerler daha önce yapılmış ve yapılan çalışmaların derlenmiş olduğu çalışmalar aşağıdaki tabloda karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar neticesinde elde edilen değerler ile yaptığımız çalışmada yakaladığımız hata oranlarının değerleri daha önceki çalışmalara kıyasla makul seviyede olduğu görülmektedir.

**Tablo 2:** Tasarlanmış sistemden elde edilen hız değerlerinin tablosu

Araç Anlık Hızı (km/s)	Önerilen Sistemin Hesapladığı Anlık Hız (km/s)	Hata Oranı (km/s)
0	0	0
10	10.02	+ 0.02
20	20.20	+ 0.20
30	29.88	- 0.12
40	40.26	+ 0.26
50	50.03	+ 0.03
60	60.19	+ 0.19
70	70.26	+ 0.26
80	80.01	+ 0.01
90	90.19	+ 0.19
100	100.16	+ 0.16
<b>Ortalama Mutlak Hata</b>		<b>0.13</b>
<b>Kök Ortalama Karesel Hata</b>		<b>0.16</b>

**Tablo 3:** Literatürde araç hız ölçümleri için yapılan çalışmaların karşılaştırmasına ait tablo

Literatür Çalışması	MAE	RMSE	Max. Hata Tolerans Aralığı
Tang vd., 2018	Hesaplanmamıştır	6.59	Hesaplanmamıştır
Luvizon vd., 2016	-0.5	1.36	[-4.68, +6.00]
Dandil vd., 2020	1.51	1.87	[-1.56, +3.19]
<b>Önerilen Sistem</b>	<b>0.13</b>	<b>0.16</b>	<b>[-0.12, +0.26]</b>

Harita üzerinde birden fazla hareket halindeki araç veya nesnenin gerçek zamanlı olarak takip edilmesine olanak sağlayan çalışmamızda, GLONASS uydularından GPS modül sayesinde alınan verilerin bir dizi işlemden geçirilmesinden sonra sunucuya kaydetme ve sunucudan da anlık olarak yine gerçek zamanlı olacak şekilde duyarlı web (responsive) olarak geliştirilen uygulamamızda sonuçlandırılmıştır. Yukarıdaki bölümlerde genişçe değinildiği gibi verilerin alınması, işlenmesi ve kullanıma sunulması uygun değer kodlama ile yazılmıştır. Yapılan çalışmada şehir içi hareketlilik baz alınmıştır. Şehir dışı hareketlenmelerde sinyal kayıpları yaşansa dahi sorgu sürekli çalışarak sinyali yakaladığı ilk anda işler ve kaydeder. Veritabanında kayıtlı son konum bilgisi ile devamında gelen ilk konum bilgisi harita üzerinde raporlama yapıldığı zaman kuş uçuşu şeklinde çizilerek gösterilmiştir.

## 6. SONUÇ

Gerçek zamanlı araç veya nesne takibinin yapıldığı çalışmamızda, yenilikçi yazılım teknolojileri kullanılmıştır. Ucuz ekipman ve iki parça sök tak işlemi ile sadece araçların değil hareket halinde olan her nesnenin takibi inovatif şekilde yapılmıştır. GPS modülünün 3 adet pinle Raspberry Pi üzerine entegre edilmesi ile elde edilen sistem gerekli olan çalışma veri setini oluşturmuştur. Raspberry Pi, GPS modülü, PowerBank ve internet bağlantısı ile tasarım gerçekleştirilmiştir. Benzer çalışmalar ile kıyaslandığında az ekipman ile kapsamlı bir iş gerçekleştirildiği görülmektedir. Canlı ve geçmişe dönük takip seçeneği ile günümüz teknolojisine hitap eden bir çözüm sunulmuştur.

Aracın içerisine entegre edilerek kullanılabilceği gibi bir PowerBank veya araç USB portundan beslenerek çalışacak şekilde tasarlanan takip kiti sayesinde veriler belirlenen zaman periyotlarında çalışmamız için temin edilen sunucuya göndererek sunucu üzerindeki veritabanına kayıt edilmektedir. Sunucu, gelen verileri web uygulamasının kullanımına sunmaktadır. Bu işlemler özel olarak geliştirilen CodeIgniter CMS (Content Management System – İçerik Yönetim Sistemi) framework çatısı altında kodlanmıştır. Önerilen sistemde aynı anda birden fazla araç veya nesne takibi sağlanabilmektedir. Harita üzerindeki ikona tıklandığında gerçek zamanlı olarak takibi yapılan araç veya nesneye ait hız, tarih ve saat bilgileri açılır pencere (pop-up) ile gösterilmektedir. Bu sayede gerçek zamanlı takibin doğruluğu kullanıcı tarafından da teyit edilebilmektedir. Duyarlı web yapıda kullanımın sağlanması yani web uygulamamızın tüm cihazlarda uyumlu şekilde çalışması için Bootstrap 4 yapısı kullanılmıştır. Bu sayede proje hem görsel olarak günümüz teknolojisine ayak uydurmuş hem de HTML elemanlarına kullanıcı dostu bir görünüm kazandırmıştır. JavaScript ve JQuery ile dinamikleştirdiğimiz web uygulamamız Ajax ile sayfa yenilenmesine gerek kalmadan veri çekilmesi sayesinde daha başarılı bir seviyeye ulaşmıştır.

CodeIgniter CMS Framework çatı yapısını kullandığımız çalışmamızda; PHP MVC yapısı ile kullanıcının sisteme giriş yapması, veritabanı işlemlerinin yürütülmesi ve tüm arka planda gerçekleşen durumun kullanıcıya View ile sunulması sağlanmıştır. Veritabanı işlemleri Model yapısı altında gerçekleştirilerek her işlem için az kod mantığı kullanılmıştır. Bu sayede projede kod karmaşıklığı ortadan kaldırılmıştır. Belirlenen bir durumun oluşması halinde kullanıcıya anlık olarak e-posta veya SMS gönderilme işlemi otomatik olarak geliştirilen sistem tarafından sağlanmıştır. Gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilen test çalışmalarından araç hız değerleri 3 farklı araç ve 30'dan fazla ölçüm sonucundan en iyi değerlerin alınıp karşılaştırılmasına göre ortalama mutlak hata değeri 0.13 km/s olarak elde edilmiştir.

Sonraki çalışmada veri seti üzerine Makine Öğrenmesi Regresyon Yöntemleri uygulanarak çeşitli sınıflandırma veya kümeleme çıkarımları elde edilmesi planlanmaktadır.

## Kaynaklar

Karaali C, Yıldırım Ö (1996). Global Konum Belirleme Sistemi (GPS). Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2(2): 103-108.

Battal MS (2019). NAVSTAR GPS ve Diğer Uydu Sistemleri. <https://www.researchgate.net/>. Son Erişim 25 Mart 2021

King E.W vd. (1987). Surveying with Global Positioning System. Dümmler, Bonn.

GLONASS GPS Sistemi, Wikipedia. <https://tr.wikipedia.org/wiki/GLONASS>. Son Erişim 25 Mart 2021

Galileo Konumlandırma Sistemi, Wikipedia. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_konumlandırma\\_sistemi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo_konumlandırma_sistemi). Son Erişim 25 Mart 2021

European Geostationary Navigation Overlay Service, Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/European\\_Geostationary\\_Navigation\\_Overlay\\_Service/](https://en.wikipedia.org/wiki/European_Geostationary_Navigation_Overlay_Service/). Son Erişim 25 Mart 2021

MySQL Veri Tabanı, Wikipedia. <https://tr.wikipedia.org/wiki/MySQL>. Son Erişim 25 Mart 2021

- Responsive web design, Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Responsive\\_web\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Responsive_web_design). Son Erişim 25 Mart 2021
- Çift Anten GPS Modül, Neo-7M Çift Anten Arayüz GPS Modül Teknik Özellikleri. <https://www.direnc.net/neo-7m-cift-anten-arayuz-gps-modul>. Son Erişim 25 Mart 2021
- What is a Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>. Son Erişim 25 Mart 2021
- Raspberry Pi 2 Model B. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>. Son Erişim 25 Mart 2021
- Kaya Ö, Fıstıkoğlu O (2018). GSM ve GPS Tabanlı Takip ve Yönlendirme Sisteminin Geliştirilmesi. Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi 1(2): 14-20.
- Küçükşille E. U, Kuşçu Ö (2010). Mobil Cihazlar ile Çevrimiçi Araç Takip Sistemleri. Türk Bilim Araştırma Vakfı Dergisi 3(1): 45-50.
- Ghaffari S, vd., (2014). Nakliyat Araçları için Bir Araç Takip Sistemi. III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 15-17 Mayıs 2014, Trabzon.
- Dandıl E, Demir E (2020). Gerçek Zamanlı Araç Hız Ölçümü ve Takip Sistemi Tasarımı. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(1): 13-27.
- Aygen M, Fırat H, vd. SMS Tabanlı Araç Takip Sitemi. [https://www.emo.org.tr/ekler/9f68a95a8407499\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/9f68a95a8407499_ek.pdf). Son Erişim 25 Mart 2021
- Coifman B, vd., (1998). A Real-Time Computer Vision System for Vehicle Tracking and Traffic Surveillance. Elsevier Science. <https://www.sciencedirect.com/>. Son Erişim 25 Mart 2021
- Hsieh JW, vd., (2006). Automatic Traffic Surveillance System for Vehicle Tracking and Classification. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 7(2): 175-187.
- Schubert R, vd., (2008). Comparison and Evaluation of Advanced Motion Models for Vehicle Tracking. 11th International Conference on Information Fusion, Cologne, Germany, 2008, pp. 1-6.
- Lee S, vd., (2014). Design and Implementation of Vehicle Tracking System Using GPS/GSM/GPRS Technology and Smartphone Application. 2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Seoul, Korea (South), pp. 353-358.
- Pham HD, vd., (2013). Development of Vehicle Tracking System Using GPS and GSM Modem. 2013 IEEE Conference on Open Systems (ICOS), Kuching, Malaysia, pp. 89-94.
- Regression Accuracy Check in Python (MAE, MSE, RMSE, R-Squared). <https://www.datatechnotes.com/2019/10/accuracy-check-in-python-mae-mse-rmse-r.html>. Son Erişim 25 Mart 2021
- Is There a Library Function for Root mean Square Error (RMSE) in Python. <https://stackoverflow.com/questions/17197492/is-there-a-library-function-for-root-mean-square-error-rmse-in-python>. Son Erişim 25 Mart 2021